

Un análisis de las competencias digitales y aprendizaje inmersiva en la enseñanza de la mecánica Newtoniana utilizando Phet Interactive Simulations



Richar Nicolás Durán¹, Silvio Luiz Rutz da Silva², Sani de Carvalho Rutz da Silva³
Romeu Miqueias Szmoski³, Awdry Feisser Miquelin³, Alessandra Dutra³

¹Doctorando PPGECT, Universidad Tecnológica Federal de Paraná. Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

²Profesor PPGCEM, Universidad Estadual de Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

³Profesores PPGECT, Universidad Tecnológica Federal de Paraná, Campus Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

E-mail: rduran.ula@gmail.com

(Recibido el 13 de abril de 2024, aceptado el 30 de mayo de 2024)

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo describir las competencias digitales desarrolladas por los estudiantes en el nivel de educación superior con relación al uso de la herramienta tecnológica Phet Interactive Simulations para el aprendizaje del contenido sobre Mecánica Newtoniana utilizando como instrumento el modelo europeo DigCompEdu. Para ello, se utilizaron los resultados de la aplicación de una Secuencia Didáctica aplicada en un grupo de estudiantes de tercer año de la Licenciatura en Física de una universidad pública del Estado de Paraná, Brasil. Luego, se realizó un análisis de los resultados con referencia al marco de competencias digitales DigCompEdu con relación al uso del simulador como estrategia didáctica en los procesos de enseñanza. La evaluación de competencias indica la importancia de una buena planificación en el uso de los recursos tecnológicos que se encuentran disponibles, sabiendo cómo pueden ayudar en el desarrollo cognitivo del estudiante, considerando que la estrategia utilizada puede o no obtener buenos resultados. Como parte de resultados del trabajo, después de analizar los resultados en la utilización del simulador Phet y las actividades propuestas, según el marco de habilidades digitales DigCompEdu, se obtuvo la calificación de "Excelente" durante la evaluación por parte de los estudiantes. Y en cuanto al nivel de competencia, los aprendices fueron clasificados como B2 "especialista", lo que significa que los estudiantes hacen uso de la tecnología para aplicar los conocimientos que tienen sobre el contenido previsto y posiblemente trabajar en actividades más adelante de una manera didáctica y creativa.

Palabras clave: DigCompEdu, Competencias digitales, Aprendizaje inmersiva, Enseñanza de la Física.

Abstract

The objective of this study is to describe the digital competences developed by students at the higher education level in relation to the use of the technological tool Phet Interactive Simulations for learning content on Newtonian Mechanics using the European model DigCompEdu as an instrument. For this, the results of the application of a Didactic Sequence applied to a group of third-year students of the Physics Degree from a public university in the State of Paraná, Brazil, were used. Then, an analysis of the results was carried out with reference to the DigCompEdu digital competence framework in relation to the use of the simulator as a didactic strategy in the teaching processes. The competency assessment indicates the importance of good planning in the use of technological resources that are available, knowing how they can help in the student's cognitive development, considering that the strategy used may or may not obtain good results. As part of the results of the work, after analyzing the results in the use of the PhET simulator and the proposed activities, according to the DigCompEdu digital skills framework, the qualification of "Excellent" was obtained during the evaluation by the students. And in terms of the level of proficiency, the learners were classified as B2 "specialist", which means that the students make use of technology to apply the knowledge they have about the intended content and possibly work on activities later in a didactic way and creative.

Keywords: DigCompEdu, Digital skills, Immersive learning, Physics Teaching.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento en el uso de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC) en el proceso

educativo ha impulsado nuevas formas de enseñar y aprender en todos los niveles educativos, imponiendo un gran desafío a los educadores en el desarrollo de competencias digitales, con el objetivo de lograr los objetivos pedagógicos deseados. Dichas competencias pueden basarse en el trabajo referente al

marco *DigCompEdu* publicado, en la primera edición, en inglés, en 2017, con el título "Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores: DigCompEdu" por el Centro Común de Investigación de la Comisión [1].

En el universo de las innumerables alternativas que existen hoy en día en relación a las herramientas tecnológicas que se utilizan en el ámbito educativo, la acción docente radica en elegir cuáles incorporar a la práctica en el aula. Además de evaluar cómo se pueden utilizar estas herramientas en el aula, se deben tener en cuenta todas las ventajas y desventajas que su incorporación puede traer a los docentes y sus alumnos. No se trata, sin embargo, de ignorar las dificultades que ya existen o que eventualmente puedan surgir en el proceso, y mucho menos de crear una relación de dependencia con las herramientas tecnológicas, por el contrario, constituye una alternativa que ayuda en la comprensión de la física, donde el objetivo es facilitar experiencias educativas.

Segundo [2], actualmente se reconoce el potencial que la tecnología digital y, más específicamente, los entornos virtuales e inmersivos pueden tener en el surgimiento y desarrollo de entornos de aprendizaje dinámicos, interactivos, atractivos, adaptables, personalizables, contextualizados y desafiante para los estudiantes, con miras a habilitar nuevas herramientas, así como experiencias que contribuyan al aprendizaje y también ayuden en la aplicación de contenidos, por ejemplo, en Física, que es teoría y práctica, ya sea en forma real o simulada.

En las últimas décadas, para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y, en particular, de la física, se han utilizado herramientas tecnológicas en consonancia con diversas estrategias didácticas con el fin de romper con los esquemas tradicionales que no permitían a los estudiantes vincular el conocimiento de la física con la realidad y con aplicabilidad en la vida cotidiana. Sin embargo, uno de los recursos tecnológicos digitales más utilizados son las *Simulaciones Interactivas de Phet*, que permiten al alumno llevar a cabo diversas experiencias con el simple uso de la tecnología.

En este contexto, este artículo presenta los resultados de la evaluación en el uso de la herramienta *Phet Interactive* en el contenido específico de Fuerza y movimiento dentro de la Mecánica newtoniana, centrándose en la evaluación del aprendizaje del contenido mediante simulación, con una mirada a los procesos de enseñanza de la Física. Luego, se presenta un análisis de las competencias digitales de los estudiantes involucrados en la investigación, donde los datos del estudio permiten una relación con los resultados del uso de la herramienta junto a las competencias digitales por parte de los estudiantes de la licenciatura en Física.

Dichas competencias digitales pueden evidenciarse en la capacidad del docente y del alumno para trasladar conocimientos y actitudes hacia un uso efectivo de las tecnologías digitales durante su práctica educativa, facilitando los procesos de enseñanza y aprendizaje, además de ayudar en el desarrollo de las mismas competencias en los estudiantes. Por ejemplo, en Europa el Servicio de Ciencia y Conocimiento de la Comisión Europea lanzó *DigCompEdu*, que se caracteriza por un marco común para las competencias digitales de los docentes y alumnos, teniendo en cuenta las especificidades de la enseñanza ante el potencial de las

Tecnologías Digitales Educativas en el proceso de enseñanza y aprendizaje [3].

DigCompEdu contó con la colaboración de investigadores de diferentes países sustentados por un estudio epistémico que refleja las efervescentes discusiones en este campo de estudio. Así, el objetivo de este artículo es identificar las competencias digitales de los aprendices que utilizan el simulador *Phet*, en la enseñanza de la Física, específicamente en la categoría pedagógica de recursos digitales, con base en las recomendaciones del referente europeo *DigCompEdu* (2017), por parte de estudiantes de la carrera de licenciatura en Física de una universidad pública en el estado de Paraná-Brasil.

II. COMPETENCIAS DIGITALES EDUCATIVAS (*DigCompEdu*)

A medida que los educadores se enfrentan a un conjunto de retos y cambios en las estrategias didácticas a utilizar en el aula, además, tomando en cuenta las tecnologías que posibilitan diferentes herramientas y la innovación en las prácticas pedagógicas, los estudiantes necesitan un conjunto de habilidades que les ayuden a utilizar estos recursos. En particular, la presencia generalizada de dispositivos digitales y el deber de ayudar a los estudiantes a ser digitalmente competentes requiere que los educadores desarrollen su propia competencia digital.

Entre las diferentes alternativas de producción en relación con las competencias digitales, nos interesa especialmente *DigCompEdu*, que se caracteriza por un informe que presenta un marco europeo común para las competencias digitales de los educadores, lanzado en 2017 y con una versión traducida al portugués por [4], fruto de una conciencia de que los docentes "necesitan un conjunto de competencias digitales propias de su profesión para aprovechar el potencial de las tecnologías digitales para mejorar e innovar la educación" [3].

Según [5], Loureiro, Meirinhos y Osório (2020), la Unión Europea reconoce la necesidad de que los educadores estén preparados con las competencias necesarias para actuar en una sociedad digital y en constante cambio. Así, *DigCompEdu* forma parte de un referente de educación, formación y aprendizaje orientado al desarrollo de competencias, convirtiéndolo en un referente bien aceptado para la evaluación y certificación de competencias digitales, no solo en Europa sino en el resto del mundo.

Para la producción de ese material, había la colaboración de investigadores de diferentes países apoyados en un soporte epistémico que refleja las efervescentes discusiones de este campo de estudio. La escala de autoevaluación de competencias digitales docentes fue desarrollada por la Unión Europea [6].

En la siguiente tabla I, se observan las 6 (seis) áreas de competencias que constituyen *DigCompEdu*, involucrando relaciones con el área del conocimiento; competencias profesionales; competencias pedagógicas y el desarrollo de competencias en docentes y estudiantes.

TABLA I. Áreas de competencia *DigCompEdu*. Fuente: Adaptado de Dias-Trindade, Moreira y Nunes, (2018).

Áreas de competencia digital	Descripción
(A1) Participación profesional	Uso de las tecnologías digitales no solo para mejorar los procesos de enseñanza, sino también en la colaboración y promoción del desarrollo profesional.
(A2) Recursos digitales	El uso de tecnologías digitales (educativas) donde es posible seleccionar, crear y compartir estos recursos en el entorno de enseñanza y aprendizaje.
(A3) Enseñanza y Aprendizaje	Competencia del educador para planificar y organizar el uso de las tecnologías digitales en las diferentes facetas del proceso de enseñanza y aprendizaje
(A4) Evaluación	Utilización de diferentes estrategias de evaluación del aprendizaje que permitan mejorar los procesos de aprendizaje, mirando al aprendiz de forma grupal e individual.
(A5) Formación de los alumnos	Las tecnologías digitales destinadas a la educación podrían contribuir al aprendizaje activo, mejorar la inclusión, la personalización y la participación de los estudiantes.
(A6) Promoción de la Competencia Digital de los Estudiantes	Promoción de habilidades digitales en los estudiantes, donde no solo puedan utilizar la herramienta, sino también profundizar y desarrollar otras estrategias de forma creativa y responsable.

Una vez explicitadas las competencias pedagógicas digitales, expresamente definidas en los recursos digitales utilizados, como es el caso de esta investigación con el uso de simulaciones para mediar en la enseñanza-aprendizaje de la Física, confieren los pilares elementales de la competencia pedagógica digital de los educadores e estudiantes, es decir, las habilidades digitales necesarias para promover estrategias de aprendizaje eficientes e inclusivas. Por tanto, podemos decir que las competencias enumeradas en estas áreas de competencias digitales indicadas en la Tabla 1 detallan cómo hacer un uso eficiente e innovador de las tecnologías digitales a la hora de planificar, implementar y evaluar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Estas áreas pueden ser entendidas por tres dimensiones según [4]. La primera dimensión se refiere a las Competencias Profesionales de los docentes, que comprende la evaluación del uso de las tecnologías de la comunicación, además de la colaboración y desarrollo profesional de los profesores. Dentro de la evaluación en esta dimensión, se incluye evaluar la habilidad del docente en el uso de herramientas digitales para interactuar con sus compañeros de trabajo y con los estudiantes. La segunda dimensión Habilidades Pedagógicas de los educadores, incluye el uso de las tecnologías digitales en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esta dimensión concentra las áreas A2 a A5 detalladas en la Tabla I, fundamentalmente pedagógicas, y busca identificar el nivel de habilidad del docente para utilizar adecuadamente las tecnologías digitales, seleccionando cada recurso de manera adecuada para el grupo de estudio.

En la tercera dimensión Formación y competencias de los educandos, enfatiza la capacidad del docente para ayudar a los estudiantes en el uso de las tecnologías digitales de forma creativa y responsable, así como en promover las habilidades que los estudiantes pueden adquirir con el uso de los recursos tecnológicos.

La evaluación de estas áreas aborda los niveles de competencias y el perfil que se puede mostrar en cada una de ellas, facilitando así que los educadores comprendan y valoren su nivel personal de competencia digital. La Tabla II presenta la descripción del nivel de competencia en relación con la formación y la competencia digital de los alumnos.

Esos niveles propuestos por el modelo *DigCompEdu*, se convierten en una herramienta que puede ayudar en la comprensión de las habilidades que deben tener los educadores y estudiantes al momento de utilizar la tecnología, así como no comprender los diferentes niveles de competencia digital, el modelo también brinda retroalimentación para que el docente sea capaz de avanzar a niveles posteriores hacia la fluidez digital o al mejor aprovechamiento de los recursos de manera satisfactoria. [7].

TABLA II. Niveles de habilidades digitales del modelo *DigCompEdu*. Fuente: Los autores (2022).

Nivel de competencia	Perfil
A1 - Recién llegado	Es consciente del potencial de las tecnologías para mejorar las prácticas educativas, pero sin un dominio pedagógico profundo.
A2 - Explorador	También son conscientes del potencial de las tecnologías y están interesados en explotarlas para mejorar las prácticas pedagógicas y profesionales.
B1 - Integrador	Visualiza el uso de las tecnologías de una forma más variada, integrándolas en diferentes contextos para mejorar el desarrollo profesional.
B2 - Especialista	Utiliza las variedades de la tecnología de forma crítica, con confianza y creatividad en cada una de sus actividades docentes y profesionales.
C1 - Líder	Adopta una visión más amplia del uso de tecnologías digitales para mejorar las prácticas educativas, además de compartir noticias de desarrollo con otros colegas.
C2 - Pionero	Hace un análisis más profundo de las prácticas contemporáneas en tecnologías digitales, experimentando con recursos altamente innovadores y complejos, desarrollando nuevos enfoques de aplicación.

En esta investigación centramos nuestro interés en el área 6 (Fomento de la Competencia Digital de los estudiantes), porque nos permite evaluar el uso de herramientas de tecnología digital, que en este caso fue el uso del simulador Phet como herramienta de enseñanza-aprendizaje, donde buscamos estudiar y promover la competencia digital de los estudiantes, viendo cómo se dan las relaciones de los conocimientos tecnológicos que tiene el estudiante y las relaciones de los procesos de aprendizaje con los contenidos específicos. El marco europeo, según [6], presenta en detalle las áreas de competencia digital de los estudiantes, dando ideas de cómo se puede abordar cada una de las áreas de

conocimiento. La siguiente tabla III representa esta área de competencias más específicas que se encuentra dentro del área 6 indicada en la tabla I.

TABLA III. Habilidades digitales de los estudiantes. Fuente: Adaptado de Lucas y Moreira (2018).

Áreas de competencia digital	Descripción
Alfabetización informacional y medios	Desarrollar actividades que requieran que los estudiantes manejen información en entornos digitales para que puedan encontrarla, organizarla, procesarla, analizarla e interpretarla críticamente.
Comunicación digital y colaboración.	Desarrollar actividades en las que los educandos utilicen con eficacia y responsabilidad las tecnologías digitales para la comunicación, la colaboración y la participación crítica.
Creación de contenidos digitales	Desarrollar actividades que requieran que los estudiantes modifiquen y creen contenido digital en sus diferentes formatos.
Uso responsable	Tomar medidas para garantizar el bienestar físico-psico-social de los estudiantes mientras utilizan tecnologías digitales, además de empoderarlos para gestionar riesgos y utilizar los recursos de forma segura.
Resolución de problemas digitales	Diseñar actividades que requieran que los estudiantes identifiquen y resuelvan problemas técnicos mediante el desarrollo creativo de conocimientos tecnológicos para otras situaciones.

De esta manera, incorporar actividades, tareas, evaluaciones de aprendizaje que requieran que los estudiantes identifiquen y resuelvan problemas técnicos, es importante para los procesos de aprendizaje en la actualidad, precisamente por el aumento en el uso de las diversas herramientas tecnológicas que están disponibles, lo que significa que se debe utilizar creativamente este conocimiento tecnológico para nuevas situaciones. Para los análisis del cuestionario, también nos enfocamos en el nivel de competencia - Resolución de problemas digitales, que implican: incorporar actividades, tareas, evaluaciones de aprendizaje que requieren que los estudiantes resuelvan problemas. Estas características involucran precisamente actividades que utilizan herramientas tecnológicas digitales para los procesos de enseñanza-aprendizaje. La Tabla IV presenta los niveles de competencia que debe alcanzar el aprendiz dentro de la subárea de resolución de problemas.

Estas competencias se pueden lograr teniendo en cuenta una planificación bien estructurada dentro del aula, mirando desde el objetivo en el uso de una determinada estrategia didáctica utilizando herramientas tecnológicas, esto le permite al estudiante ser crítico y reflexivo en su aprendizaje, donde también puede ser capaz de ver varias soluciones que el recurso que está utilizando puede ofrecer. Pudiendo así brindar un camino para la construcción de nuevos conocimientos. Gran parte de estos nuevos caminos es la evolución que tenemos con la variedad de recursos tecnológicos destinados a los procesos de enseñanza-aprendizaje.

TABLA IV. Niveles de competencia en la resolución de problemas digitales. Fuente: Elaborado por los autores con base en Lucas y Moreira (2018).

Nivel de competencia	Perfil
A1 - Recién llegado	Hacer poco uso de estrategias que promuevan la resolución de problemas: no considero, o rara vez considero, cómo puedo promover la resolución digital de problemas por parte de los estudiantes.
A2 - Explorador	Alentar a los alumnos a usar tecnologías digitales: animo a los estudiantes a resolver problemas técnicos a través de prueba y error.
B1 - Integrador	Implementar actividades que promuevan la resolución de problemas digitales: implemento actividades de aprendizaje en las que los alumnos usan tecnologías digitales de manera creativa, ampliando su repertorio técnico.
B2 - Especialista	Utilice estratégicamente una variedad de estrategias pedagógicas: use una variedad de estrategias pedagógicas diferentes para permitir que los alumnos apliquen su competencia digital a nuevas situaciones o en nuevos contextos.
C1 - Líder	Promover la resolución de problemas de manera comprensiva y crítica – Capacitar a los estudiantes para buscar diferentes soluciones tecnológicas a un problema, investigar sus ventajas y desventajas y presentar, de manera crítica y creativa, una nueva solución o producto.
C2 - Pionero	Uso de formatos innovadores: Permitir que los alumnos apliquen sus habilidades digitales, de maneras no convencionales, a nuevas situaciones y presenten nuevas soluciones o productos de una manera creativa.

Una de las estrategias en estudio en la actualidad es el aprendizaje inmersivo, donde se utiliza tecnología de punta para brindar experiencias de aprendizaje que buscan profundizar los cambios en la educación. Las tecnologías de aprendizaje inmersivo van desde el uso de simuladores interactivos, realidad virtual hasta realidad aumentada interactiva. Este tipo de aprendizaje ayuda a eliminar las distracciones y permite a los estudiantes dedicar toda su atención a los programas de aprendizaje en un entorno virtual.

III. ENTORNOS DE APRENDIZAJE INMERSIVO

Estamos constantemente insertos en entornos tecnológicos, pero estamos en constante aprendizaje. Según [8], Bainbridge (2010), los mundos virtuales se definen como entornos en línea persistentes generados por computadora donde las personas pueden interactuar, ya sea por trabajo, estudio o placer, de una manera comparable al mundo real.

Según [9], la interacción en estos entornos se realiza a través de avatares, que son la representación virtual de los usuarios. El modelo de educación inmersiva tiene como objetivo brindar espacios bidimensionales y tridimensionales, donde el estudiante pueda transitar y vivir experiencias en un

ambiente altamente interactivo, de modo que pueda tener una aproximación al mundo real en el ambiente virtual [10]. El metaverso o mundo virtual también permite al usuario desarrollar un conjunto de tareas, como manejar experimentos simulados, cambiar variables, entre otras, pero sin el riesgo de consecuencias inherentes a las mismas actividades cuando se realizan en laboratorios reales.

De esta forma, [11], afirman que, en educación, el propósito de utilizar entornos inmersivos es hacer que las actividades educativas sean más divertidas, atractivas y efectivas para los estudiantes en estos entornos simulados, donde pueden ofrecer desafíos que provoquen la investigación y el descubrimiento, además del consumo de información espontánea y actividades lúdicas interactivas. Así, [12], describen cómo los entornos inmersivos conforman la educación:

Pero la inmersión sigue ligada a la diversión, en el sentido de que se relaciona con una experiencia para “saborear”, que despierta “afecto” en el jugador. Sobre todo, en el contexto educativo, no se trata de distraer al alumno para que no se dé cuenta de que está aprendiendo.

En este sentido, se utilizaron simulaciones Phet para verificar cómo se evalúan estas inmersiones de los estudiantes con la herramienta programada de manera bidimensional, la capacidad de modificar variables, como la elección de varios componentes cotidianos que se simulan en el virtual ambiente.

IV. SIMULACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Las simulaciones virtuales se pueden organizar en dos grupos, según sus características: estáticas y dinámicas. En las simulaciones estáticas, el estudiante tiene poco o ningún control sobre los parámetros de simulación, mientras que en las dinámicas los parámetros pueden ser modificados y, por tanto, el estudiante puede verificar las implicaciones de cada variable en el resultado del fenómeno en estudio.

[13], presenta otras ventajas respecto al uso de simulaciones virtuales en la enseñanza:

“[...] los simuladores virtuales son los recursos tecnológicos más utilizados en la Enseñanza de la Física, debido a la evidente ventaja que tienen como puente entre el estudio del fenómeno de forma tradicional (pizarra y tiza) y los experimentos de laboratorio, ya que permiten los estudiantes a los resultados se ven claros, repetidos y con un gran número de variables involucradas”.

Ciertamente, el uso de simulaciones por computadora, en el contexto escolar, es defendido por varios autores especialistas en tecnología y enseñanza porque brindan un ambiente interactivo, tanto entre el alumno y el objeto de estudio, como entre él y sus compañeros. y maestros También permite un proceso de enseñanza-aprendizaje en el que el estudiante puede ser activo en su aprendizaje, probar sus hipótesis, obtener una rápida retroalimentación, avanzar en el proceso de acuerdo a sus capacidades y desarrollar habilidades y competencias que se requieren para una buena comprensión de las ciencias [14].

Si el objetivo es formar a los estudiantes en una visión de la naturaleza de la ciencia más cercana al trabajo de

investigación, parece necesario incluir las simulaciones en las prácticas de enseñanza de las ciencias, ya que los especialistas coinciden en que las simulaciones por computadora no son solo una herramienta instruccional, sino una nueva forma de aprendizaje científico, producción y permiten abordar los quehaceres cotidianos de la ciencia contemporánea, especialmente los relacionados con el aprendizaje basado en la modelización y el trabajo experimental [15].

El uso de estas herramientas posibilita la interactividad con un fenómeno físico que, en ocasiones, puede ser difícil de demostrar, debido a varios factores, como el tiempo o los recursos materiales. El uso de simulaciones puede ayudar a solucionar este tipo de inconvenientes, brindando al estudiante la oportunidad de visualizar iterativamente los fenómenos en estudio, estableciendo una relación entre la teoría y el evento que se está simulando. Por ejemplo, el proyecto Phet Interactive Simulations (Physics Education Technology) (WIEMAN, 2008; FILKENSTEIN, 2005) es una iniciativa de la Universidad de Colorado cuyo objetivo es proporcionar un paquete de simulaciones que pueda ayudar en la forma en que las Ciencias (Física, Química, Matemáticas, Biología) se enseñan y se aprenden. Las simulaciones son herramientas interactivas que permiten al usuario establecer conexiones entre los fenómenos reales y la ciencia básica, a través de la formulación de sus propias preguntas. Sin embargo, es importante adoptar este enfoque con un plan que abarque no solo el uso del recurso, sino también las habilidades digitales que puede desarrollar el alumno para aprender el contenido específico.

V. METODOLOGIA

De acuerdo con el objetivo, esta investigación se clasifica como un estudio cualitativo del tipo exploratorio. Para [16], este tipo de investigación proporciona una mayor familiaridad con el problema, con miras a hacerlo más explícito o construir hipótesis. De esta forma, uno de los objetivos fue evaluar las competencias de los estudiantes/alumnos en el uso de la simulación en Phet Simulaciones Interactivas del contenido de Mecánica Newtoniana, con estudiantes de tercer año de la Licenciatura en Física de una universidad pública del Estado de Paraná, Brasil. El número total de participantes fueron diez (10) estudiantes. Y para la evaluación de competencias mediante el modelo DigCompEdu.

Se adoptó como instrumento de recolección de datos un cuestionario de evaluación con preguntas cerradas de selección simple con un total de siete (07) preguntas, siendo presentado a las mismas al final de la aplicación didáctica con el fin de obtener datos referentes al uso y aplicabilidad del tecnológico, herramienta utilizada, además del impacto que generaron en el aprendizaje.

De esta forma, cumpliendo con el objetivo de la investigación, se realizó un análisis de los niveles de competencia digital de los educandos una vez analizados los resultados de la aplicación del recurso tecnológico. Para esta fase, adoptamos el enfoque fenomenológico y el método fenomenológico para el análisis cualitativo de los resultados obtenidos sobre competencias digitales por los sujetos de investigación según [17].

En este contexto, teniendo en cuenta los temas de investigación y el objetivo que era evaluar los niveles de competencia digital, se utilizó el modelo DigCompEdu realizando específicamente análisis del área 5 (Formación de los aprendices) y el área 6 (Promoción de la Competencia Digital de los estudiantes) según [6]. Porque permite realizar el estudio centrándose en los estudiantes/alumnos, mirando en detalle los procesos de aprendizaje, además de estudiar los niveles de competencias digitales de los aprendices. La siguiente tabla V muestra las dos áreas seleccionadas para este estudio.

TABLA V. Áreas seleccionadas para el análisis. Fuente: Adaptado de Dias-Trindade, Moreira y Nunes, (2018).

Áreas de competencia digital	Descripción
(A5) Formación de los alumnos	Las tecnologías digitales destinadas a la educación podrían contribuir al aprendizaje activo, mejorar la inclusión, la personalización y la participación de los estudiantes.
(A6) Promoción de la Competencia Digital de los Estudiantes	Promoción de habilidades digitales en los estudiantes, donde no solo puedan utilizar la herramienta, sino también profundizar y desarrollar otras estrategias de forma creativa y responsable.

Finalmente, se analizaron los niveles de competencias dentro de las áreas 5 y 6 mencionadas anteriormente. Cada nivel fue estudiado en la Tabla IV, que corresponde a los (Niveles de competencia en la resolución de problemas digitales), teniendo como referencia desde A1 recién llegado, que es cuando se hace poco uso de estrategias que promuevan la resolución de problemas por parte de los aprendices hasta C2 Pionero donde utiliza formatos innovadores, además de permitir a los alumnos aplicar sus habilidades digitales. Estos análisis se presentan en el análisis de los resultados.

VI. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de la propuesta son presentados primero en la secuencia didáctica por los sujetos de investigación, donde fue aplicada y puesta a disposición a través de formularios de Google compartidos con los sujetos de investigación. Luego, se realizó un análisis de las respuestas, lo que permitió levantar indicadores para la evaluación del uso de la tecnología digital. Finalmente, los resultados se presentan en forma de gráficos, generados a partir de las respuestas de los estudiantes. Tras estos resultados, se realizó un análisis de las competencias digitales de los alumnos utilizando como herramienta de análisis el modelo del marco europeo DigCompEdu según [4].

Dentro de la secuencia didáctica, se abordaron las simulaciones en la pestaña: fuerzas y movimiento: conceptos básicos, donde se trabajaron las siguientes situaciones: Tira y afloja, Movimiento, Fricción y Aceleración. Luego de finalizar las actividades, se aplicó a los educandos un cuestionario de evaluación sobre el uso de la tecnología

digital, cuyo objetivo fue buscar características que describieran cómo evalúa el educando el uso del recurso tecnológico aplicado en el contenido específico en dinámica newtoniana.

Los resultados presentados en la Figura 2, ítem a hasta g, inician con la pregunta sobre la selección del recurso para la aplicación de la secuencia didáctica utilizando las diversas actividades dentro del simulador Phet, preguntando si era un recurso eficiente para la enseñanza de la Física dentro de la Mecánica Newtoniana, considerando también la pregunta sobre los contenidos presentados en cada pestaña del simulador y las actividades realizadas, cumplen con el propósito para el cual fueron construidos. Dentro de las respuestas de los participantes, se nota que los porcentajes más altos de encuestados indican que es un recurso “Excelente” con más del 66%, y el 34% de ellos afirma ser “Muy bueno”, siendo una herramienta que puede ser adaptó y trabajó con los estudiantes para enseñar física.

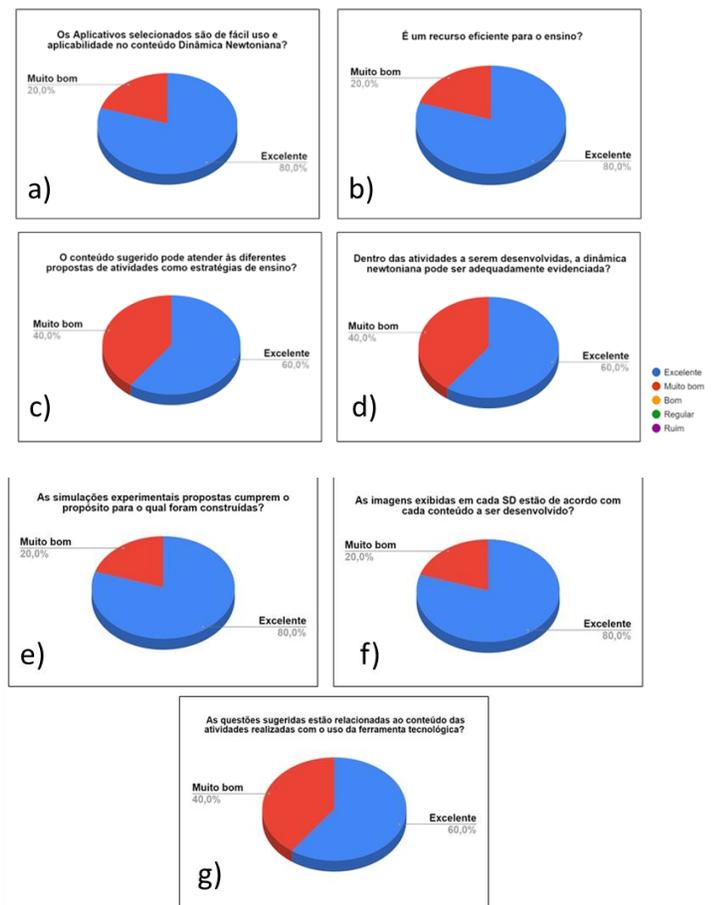


FIGURA 1. Resultados del cuestionario de evaluación de la Secuencia Didáctica. Fuente: Los autores (2022).

Por lo tanto, la implementación de la producción didáctico-pedagógica del uso de los simuladores virtuales de Phet, como estrategia de enseñanza, posibilitó elementos significativos de análisis, tales como: la participación de los estudiantes en la realización de actividades incluso a distancia, la motivación por estudiar Física y el contenido explorado en la simulación. Didácticamente, las simulaciones se pueden

desarrollar utilizando el método de Aprendizaje Basado en Problemas, en vista de la posibilidad de desafiar y estimular el razonamiento, además de la posibilidad de controlar variables y verificar de inmediato supuestos, lo que también es un tema interesante para el estudiante autónomo estudiar.

A. Competencias DIGCOMPEDU

Teniendo en cuenta los resultados tras la aplicación y evaluación del uso del simulador Phet, en primer lugar, en la secuencia didáctica empleada se evidencian tres competencias alcanzadas según el modelo DigCompEdu [4]. Estas competencias se refieren a: i) la implicación profesional, haciendo uso de herramientas tecnológicas como apoyo en los procesos de enseñanza; ii) Recursos digitales, teniendo como referencia la selección del simulador para crear actividades que permitieran al estudiante construir aprendizajes en ambientes virtuales y, iii) Enseñanza y aprendizaje, evidenciado en la planificación de actividades relacionando el contenido específico y la herramienta tecnológica, ayudando en el fortalecimiento no solo de los contenidos, sino también de las experiencias en el uso de las tecnologías.

En segundo lugar, tenemos las competencias del área de fomento de la Competencia Digital de los Aprendices, donde se busca promover la competencia digital de los aprendices, percatándose de cómo son las relaciones de conocimiento tecnológico que tiene el estudiante y también las relaciones de los procesos de aprendizaje con el contenido específico, que en este caso fue la mecánica newtoniana.

Segundo [2], é necessário reconhecer o potencial que a tecnologia digital trouxe para os processos de ensino e aprendizagem, mais especificamente, aos ambientes imersivos, os quais podem ter desenvolvimento de ambientes de aprendizagem dinâmicos, interativos, envolventes e desafiantes para los estudiantes. Ciertamente, el uso de simulaciones por computadora en el contexto educativo es defendido por varios autores especialistas en tecnología y enseñanza, porque brindan un ambiente interactivo, tanto entre el estudiante como el objeto de estudio [14]. De esta forma, es una herramienta que, una vez desarrolladas todas las habilidades necesarias para el uso de simulaciones virtuales, el estudiante puede ser activo en su aprendizaje, probar sus hipótesis, obtener una rápida retroalimentación, avanzar en el proceso de acuerdo a sus capacidades y desarrollar habilidades y competencias.

DigCompEdu [4], describe las competencias que se pueden incorporar en diferentes actividades utilizadas en el desarrollo de un recurso didáctico, por ejemplo, al observar los resultados de la evaluación de los estudiantes con respecto a la secuencia didáctica, más del 80% lo señalan como un recurso excelente durante las actividades, tareas y evaluaciones durante el aprendizaje utilizando el simulador Phet.

Con el uso del simulador, además de identificar y resolver problemas técnicos en su uso, se considera una herramienta importante para que los procesos de aprendizaje sean más constructivistas, teniendo en cuenta la alta demanda que tiene la creciente necesidad de utilizar diversas herramientas tecnológicas orientadas a la educación. Para el análisis a nivel de competencia se utilizó la Resolución de Problemas

Digitales, entendiendo que los estudiantes pueden identificar y resolver problemas técnicos o transferir creativamente conocimientos tecnológicos a nuevas situaciones.

El nivel de competencia digital desarrollado desde el nivel A1 al C2 como se mostró en la Tabla IV anterior. El análisis de estos niveles con los resultados de la secuencia didáctica permitió identificar las competencias, así como las áreas que necesitan mayor formación y estudios para pasar al siguiente nivel de competencia. Observándose los porcentajes en las respuestas de los estudiantes, donde la mayoría, un 60%, manifiestan que las actividades propuestas con el uso del simulador en el contenido de dinámica newtoniana son “excelentes” y un 40% refieren que son “muy buenas”. De acuerdo al nivel de competencia, los participantes estarían en el nivel B2 de especialista, lo que significa que utilizan tecnologías para los procesos de aprendizaje, que, en el caso de esta investigación, en el uso del simulador, se trabajó de manera que los estudiantes podrían aplicar los conocimientos adquiridos sobre el contenido para relacionarlo con las diversas actividades durante la secuencia didáctica de manera didáctica.

De esta forma, se puede decir que los estudiantes cumplieron con los niveles anteriores desde el A1 hasta el B2, pasando por el nivel exploratorio, el cual está relacionado con el incentivo que tienen en el uso de la tecnología, dándose cuenta de la disposición que tenían para realizar la didáctica de la evaluación de recursos. Y además ser integrador nivel B1, lo que permite experimentar y reflexionar, además de resolver los problemas que se puedan encontrar durante las actividades, tomando como base esta investigación el simulador *Phet*, a través de una serie de actividades didácticas que permitieron a los estudiantes participantes en la investigación probar y evaluar la secuencia didáctica de forma crítica e interactiva.

VIII CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos demuestran que, en la evaluación de resultados en la Secuencia Didáctica, los estudiantes desarrollaron una visión más crítica, analítica y reflexiva del contenido Fuerza y movimiento en la Mecánica Newtoniana. También fue posible abordar el contenido mediante diversas actividades que permitieron conocer el potencial de recursos y herramientas que se pueden incorporar a los procesos de enseñanza y aprendizaje. Evidentemente, un educador digitalmente “competente” debe considerar ambos conjuntos, es decir, abordar un objetivo de aprendizaje específico a partir de una propuesta que integre recursos tecnológicos educativos digitales, además de formar a los alumnos.

En los niveles competenciales de los estudiantes se pudo observar que tienen una buena disposición en el uso de los recursos digitales. A su vez, el proceso de prueba y evaluación de los recursos permitió el acceso e implementación de competencias básicas en el camino al avance y superación de los siguientes niveles, el modelo DigCompuEdu presentó una forma de abordaje diferenciada, teniendo en cuenta el contexto de los estudiantes que forman parte de la muestra, pero siempre es bueno probar modelos educativos y luego mejorar estrategias pedagógicas que permitan cuestionar la

vigencia y pertinencia de modelos que siguen enfoques pedagógico-críticos.

Por ello, se considera importante planificar bien el uso de los recursos tecnológicos que se tienen, además de saber cómo pueden ayudar en el desarrollo cognitivo del estudiante, teniendo en cuenta que la estrategia que se utilice puede o no obtener buenos resultados. Cabe señalar que elaborar un buen plan de clase con estrategias, técnicas y recursos que puedan facilitar el aprendizaje sí puede contribuir a obtener mejores oportunidades para brindar situaciones que permitan una mayor motivación por parte del estudiante, contribuyendo posiblemente a la mejora de su aprendizaje.

Así, se percibe que el uso de simulaciones requiere una comprensión de la representación de conceptos utilizando tecnologías; técnicas pedagógicas que utilizan tecnologías de forma constructiva para enseñar contenidos; de conocimiento de lo que hace que los conceptos sean difíciles o fáciles de aprender, además de centrarse en las habilidades pedagógicas que pueden desarrollar los educadores, es decir, estas habilidades digitales necesitan promover estrategias de enseñanza y aprendizaje eficientes e inclusivas. Por lo tanto, podemos decir según [4], que las competencias enumeradas en el marco de competencias son una alternativa de estudio para que los educadores se evalúen y piensen cómo se encuentran en este proceso de uso tecnológico, si les permite crear estrategias que permitan una mirada crítica del estudiante ante un mundo cada vez más tecnológico.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor desea agradecer a la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior - CAPES, por la beca y apoyo.

Los Coautores agradecen al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPQ).

REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, *Marco de competencias TIC para docentes*, (UNESCO, versión 3, París, 2018).
- [2] Vieira, L. M. S., Brazão, J. P. G., *Ambientes de Aprendizaje: de lo real a lo inmersivo*, Revista de Investigación y Difusión del Conocimiento **3**, e13486 (2022). <http://dx.doi.org/10.20952/jrks3113486.2022>
- [3] Redecker, C., *Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores (DigCompEdu)*. (Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, 2017). DOI:10.2760/159770.
- [4] Lucas, M., Moreira, A., *DigCompEdu: Marco europeo de competencia digital para educadores*, (UA, Aveiro, 2018).
- [5] Loureiro, A. C., Meirinhos, M., Osorio, A. J., *La enseñanza de las competencias digitales: pautas de referencia*, Texto libre, lenguaje y tecnología. Belo Horizonte **13**, No. 2 de mayo (2020).
- [6] Dias-Trindade, S., Moreira, J. A., *Habilidades de aprendizaje y tecnologías digitales*. En Moreira, J. A. &

Vieira, C. P. (coord.), Colección Aprendizaje en Educación Superior Estrategias de Enseñanza y Éxito Académico: Buenas Prácticas en Educación Superior, (Centro de Innovación y Estudio de la Pedagogía en la Educación Superior - CINEP, 3, Coimbra, 2018), pp. 99-116.

[7] Dias-Trindade, S., Moreira, J. A., Ferreira, A. G., *Evaluación de docentes universitarios sobre sus competencias digitales*, QWERTY, Revista Abierta e Interdisciplinaria de Tecnología, Cultura y Educación **15**, 50-69 (2020).

[8] Bainbridge, W. S., *Mundos en línea: convergencia de lo real y lo virtual*, (Springer-Verlag, Londres, 2010).

[9] Bierhalz, G., Beker, F., Herpich, F., Duarte, R., *Entornos virtuales de aprendizaje y entornos inmersivos: un estudio de caso utilizando tecnologías de computación móvil y visores web*, Tecnologías, sociedad y conocimiento **2**, No. 1 noviembre (2014).

[10] Orgaz, G. B., Moreno, M., Camacho, D., Barrero, D., *Agrupación de comportamientos de avatar a partir de interacciones de Mundos Virtuales*. En: 4º Taller Internacional sobre Inteligencia Web y Comunidades. Actas del Taller Internacional sobre Inteligencia Web y Comunidades, Lyon, (2012), pp. 1-7.

[11] Korting de Abreu, V. H., Oliveira, Gonçalves, M., Battestin, V., *Ambientes inmersivos na educação: uma aula de ciências explorando os planetas em realidade virtual*, Anais do CIET: Em PED:2020 - (Congresso Internacional de Educação e Tecnologias | Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância), São Carlos, ago. 2020. ISSN 2316-8722. Disponible em:

<https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/artic/e/view/1220> (2020).

[12] Filatro, A., Cavalcanti, C., Metodologías innovadoras en educación presencial, a distancia y corporativa, (Editora Saraiva, São Paulo, 2018).

[13] Coelho, R., *O uso da informática no ensino de física de nível médio*, Dissertação (Mestrado em Educação) Faculdade de Educação. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas (2022). Disponible em:

http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/coelho/inf_ens_fis_med.pdf (2022).

[14] Da Costa, C., Fofonca, M., *A mediação tecnológica e a aprendizagem em ava: relevâncias comunicativas no contexto da educação on-line*. In: XIII Congresso Nacional de Educação, Curitiba, PUCPR. Anais [...] Curitiba, 28 a 31 de agosto (2017). Disponible em:

https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24849_12161.pdf.

[15] Greca, I. M., Seoane, E., Arriaseq, I., *Epistemological issues concerning computer Simulations in science and their implications for science education*, Science & Education **23**, 879-921 (2014).

[16] Gil, A. C., *Cómo desarrollar proyectos de investigación*, 4. ed. (Atlas, São Paulo, 2007).

[17] Pesce, L., Abreu, C., *Investigación cualitativa: consideraciones sobre las bases filosóficas y los principios rectores*, Revista FAEEBA - Educación y Contemporaneidad **22**, 19-29 (2019).